

Розробка концептуальної моделі аналізу динаміки цінності проєкту в умовах невизначеності

О. В. Бугров, О. О. Бугрова

Розроблено концептуальну модель аналізу динаміки цінності проєкту, досягнутої внаслідок інжинірингу, в умовах невизначеності. У методологічному контексті пропонований підхід ґрунтується на масиві ізоцінностей, кожна з яких відповідає своєму рівню оптимізму щодо прогнозу руху грошових коштів по проєкту. При підвищенні ефективності проєкту внаслідок інжинірингу, весь масив ліній ізоцінностей змінює своє геометричне місце, зсуваючись далі від початку координат (у чотирирівнім просторі «час-вигоди-витрати-ризик»). Пропонована модель включає три етапи. На першому етапі здійснюється збір вхідної інформації та ініціювання відповідного аналізу. Результатом другого етапу є багатоваріантний прогноз грошових потоків і розрахунок коефіцієнту «вигоди-витрати» (BCR) та його зміни для кожного сценарію. Третій етап забезпечує обчислення очікуваного BCR та його зміни, оцінку ризику прийняття помилкового рішення та зміни такого ризику внаслідок проведеної сесії інжинірингу. Модель дає можливість розрахувати досягнуту пропорцію статичного і динамічного векторів зміни цінності проєкту, що є одним з ключових проявів наукової новизни роботи. У розглянутому прикладі частка динамічного вектору зростання цінності проєкту виявилась рівною 35,47 %. Модель має природозахисну властивість – оцінка успішності інжинірингу цінності в умовах невизначеності здійснюється на основі щорічних сумарних вигід і щорічних сумарних витрат протягом проєктного циклу. У такий спосіб аналізом враховується очікуване навантаження проєкту на оточуюче середовище, що відбивається і на оцінці ризику. Наведений кейс свідчить про доцільність застосування моделі в практиці інжинірингу цінності проєктів будівництва.

Ключові слова: коефіцієнт «вигоди-витрати», оцінка ризиків, інжиніринг цінності, споживання ресурсів, управління інноваціями.

1. Вступ

Інжиніринг цінності має на меті збільшити корисність проєкту на одиницю ресурсів, потрібних для його реалізації. В проєктах будівництва ця методологія може застосовуватись кілька разів і на різних етапах. В результаті кожної сесії інжинірингу цінності, завдяки пропонованим технічним рішенням, які можуть стосуватись будь-яких аспектів дизайну і в будь-якій їх комбінації, проєкт виходить на свій рівень цінності. Для кожного з таких станів проєкту можна спрогнозувати рух грошових коштів і розрахувати динаміку ефективності інвестицій у будівництво, досягнутої завдяки інжинірингу. Проте, події у майбутньому, під впливом багатьох факторів, можуть піти за різними сценаріями, і точно вгадати за яким саме – неможливо. Через це, створення концептуальної моделі

аналізу динаміки цінності проєкту в умовах невизначеності і прискорення науково-технічного прогресу є релевантною задачею.

В роботі [1] зазначено, що створення дизайну своїм стрижнем має визначення стратегії, яке потребує раціонального обчислення для прийняття найбільш доцільного рішення, та підкреслено: «важливість математичних розрахунків у дизайні стає все більш ясною в контексті нових та іноді специфічних підходів» (“the importance of calculation in design becomes increasingly clear in new and sometimes surprising ways”).

Важливість зазначеної теми в проєктах будівництва є особливо високою внаслідок наступних причин. По-перше, виконання проєктів будівництва зазвичай пов'язано зі значними інвестиціями, що викликає підвищену увагу до питання ефективного використання капітальних вкладень. По-друге, такі проєкти часто вимагають використання великої кількості природних ресурсів і можуть мати негативний вплив на оточуюче середовище. По-третє, життєвий цикл таких проєктів є доволі тривалим, а, отже, передбачення розвитку подій на роки вперед потребує застосування таких підходів, як теорія ймовірності. Зазначені ключові аспекти є загальним контекстом для цього дослідження.

Висока актуальність теми пов'язана з сучасною вимогою, яка в [2] зазначена наступним чином: необхідно скористатись моментом наявної унікальної можливості модернізувати дизайн економіки задля більш сталого розвитку (“the moment must be seized to take advantage of this unique window of opportunity to redesign a more sustainable economy”).

Інжиніринг цінності широкою практикою довів свою продуктивність, проте потребує розвитку на основі фундаментальних і прикладних наукових досліджень. В сучасному світі інновації з'являються дуже часто і вже стали ключовим фактором відтворення капіталу. Через значну тривалість проєктів будівництва виникають додаткові можливості впровадження в них нових технологій. Водночас, для сучасного стану розвитку характерна підвищена непередбачуваність. Екологічні виклики та загострення проблеми використання природних ресурсів мають бути враховані при обґрунтуванні доцільності дизайну проєкту. Потенціал екстенсивного розвитку в глобальному сенсі себе майже вичерпав. Це свідчить про доцільність розробки орієнтованої на сталий розвиток моделі аналізу динаміки цінності проєкту в умовах невизначеності.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

В роботі [3] зазначено, що теорія створення цінності розглядає дизайн як фактор, застосовуваний на ранніх стадіях процесу створення (розвитку) продукту (“value creation theory proposes that design is a factor early in the product development process”). У [4] зазначено, що в будівельній галузі за традиційним підходом дизайн охоплює попередній дизайн (перед-проєктну стадію), схематичний дизайн (ескізний проєкт), розвиток дизайну (стадію «проєкт») і будівельну документацію (робочу документацію) (predesign, schematic design, design development and construction documents). Водночас, за підходом Інтегрованого виконання проєктів, роль дизайну на ранніх стадіях підвищується і в такій стратегії стадії називаються: концептуалізація, критеріальний дизайн, детальний

проект і документи щодо імплементації (conceptualization, criteria design, detailed design and implementation documents). Зазначені роботи визначають етапи проекту, на яких увага концентрується на створенні ефективного дизайну, прототипу, моделі прийняття техніко-економічних рішень не розкриваються.

Як зазначено в роботі [5], «Інновації по створенню цінності мають на меті максимізувати цінність, яку містить інновація, з точки зору споживачів». (“Value-creating innovations are pursued to maximize the value that an innovation holds from the customers’ point of view”). Водночас, інновації не будуть впроваджені без зацікавленості з боку інвестора та виконавців проекту. Коефіцієнт «вигоди-витрати» є тим показником, який адекватно відображає цінність проекту як з позиції споживача, так і інвестора та інших зацікавлених сторін проекту [6]. Отже, дослідження в сфері аналізу динаміки цінності проекту в умовах невизначеності доцільно розвивати на основі саме цього показника.

Інновації стосуються впровадження нових ідей або технологій для створення цінності фундаментально іншими шляхами ніж у минулому [7]. Частина новостворюваної цінності буде отримана (captured) фірмою, а решта – партнерами по проекту та іншими зацікавленими сторонами [8]. В будівельних проектах якість робіт і захист навколишнього середовища сильно пов’язані з витратами і цінністю [9]. В рамках будівельного проекту нові інжинірингові рішення не будуть визнані доцільними без відповідного інвестиційного обґрунтування. В роботі [10] зазначено, що завершальною задачею дизайну є оцінка інновації в продукті, що має бути вироблений або імplementований. Таким чином, дослідження мають включати застосування математичного апарату, за допомогою якого можна оцінити ефективність інновацій у дизайні з урахуванням впливу проекту на оточуюче середовище.

Очікувана створювана цінність визначається на самому початку проекту і потім ця “реперна точка” виконує роль начального базису для порівняння з подальшими результатами [11]. Отже, в створюваній концептуальній моделі динаміка покращення дизайну має аналізуватись порівняно з його попередніми станами, починаючи з базисного.

Незважаючи на наявність значної кількості критеріїв, фактично для визначення доцільності проектів застосовують переважно лише три: чиста приведена вартість (net present value – NPV), внутрішня ставка окупності (internal rate of return – IRR) і строк окупності (payback period – PP) [12]. В [13] зазначається, що NPV зазвичай рекомендують як ключовий критерій. Так, наприклад, в [14] NPV застосовано для оцінки різних технологій. Початкова версія методу NPV розглядала грошові потоки як детерміновані, а в подальшому підхід було доопрацьовано для умов невизначеності [15]. Метод очікуваної (expected) чистої приведеної вартості (ENPV) спирається на кілька ймовірних сценаріїв розвитку подій [16]. Схожим чином відбувалось і в рамках розвитку інших методів (критеріїв) оцінки проектів. Наприклад, один з кейсів застосування багатоваріантного прогнозування в рамках методу benefit-cost ratio (BCR) наведений у [17]. В роботі [18] метод (критерій) BCR покладено в основу аналізу «ризик-витрати-вигоди». В роботі [19] метод «fuzzy BCR» застосовано для визначення доцільності виробничих технологій. Критерій BCR є зручним для застосування в сис-

темі взаємодії різних груп прийняття рішень [20]. Разом з цим, в умовах невизначеності традиційні підходи оцінки інвестиційних проєктів не забезпечують адекватної підтримки прийняття найбільш доцільних рішень [21]. Питання відповідальності промисловості за стан навколишнього середовища в сучасних умовах є однією з найбільш важливих тем [22]. Екстенсивний шлях розвитку, пов'язаний з все більшим споживанням ресурсів, спричиняє загострення екологічних проблем [23]. Аналіз «вигоди-витрати» має оцінювати інвестиційні проєкти з урахуванням їх впливу на оточуюче середовище [24]. При цьому, мова йдеться не стільки про будівельні відходи [25], скільки про вплив проєкту на екосистему і динаміку природних ресурсів [26] протягом всього проєктного циклу. Отже, ця сфера, особливо в контексті “зеленого” інжинірингу, потребує доопрацювання.

Менеджмент освоєного обсягу (Earned Value Management – EMV) є одним з аналітичних інструментів, який допомагає проєктному менеджеру здійснювати моніторинг статусу проєкту в умовах невизначеності [27] і може бути посилений прийомами ризик менеджменту [28]. Цей метод широко застосовується в будівельній галузі [29]. Робота [30] присвячена ймовірнісному моделюванню в контексті контролю строків і витрат інвестиційного будівельного проєкту, спираючись на сумісне застосування Program Evaluation and Review Technique (PERT) і EMV. Проте, зазначений підхід не забезпечує контролю динаміки цінності проєкту, що виникає внаслідок інжинірингу. Традиційний EMV не охоплює дані по проєкту після завершення будівництва. Водночас, вигоди від проєкту проявляють себе переважно після здачі об'єкту будівництва в експлуатацію, а отже, треба аналізувати як інжинірингові рішення впливають на ефективність протягом всього проєктного циклу [6]. Нещодавня ідея щодо створення Earned Green Value management (EGVM) має на меті охопити весь проєктний цикл і враховувати вплив на оточуюче середовище [31]. Проте, зазначена модель не враховує вартість грошей у часі і не є оцінкою економічної ефективності проєкту [6].

Головною ціллю інжинірингу цінності (менеджменту цінності – VM) є досягти максимально ефективного результату проєкту. Робота [32] підкреслює саме цю мету, хоч і фокусується більшою мірою на питанні ролі VM в контролі над витратами. Отже, фокус дослідження має бути спрямований насамперед на максимізацію цінності, а не на обмеження витрат.

Досліджуючи питання динаміки цінності, робота [33] зазначає, що одним із напрямів піклування про оточуюче середовище є розробка бізнесом стратегій щодо подовження життєвих циклів продуктів виробництва. Але, з іншого боку, прискорення науково-технічного прогресу зазвичай призводить до того, що об'єкти скоріше стають технологічно застарілими. Крім того слід підкреслити, що “будівництво є найбільш непростим видом діяльності в термінах його динамічної і комплексної природи” [34]. Таким чином, питання потребує комплексного вирішення із застосуванням теорії динаміки цінності проєкту [6] і методології інжинірингу цінності [35].

Чим вищою є невизначеність прогнозу, тим більшим є проєктний ризик [36]. Невизначеність змінюється, серед іншого, в зв'язку із запровадженням

нових технологій, які впливають на відхилення цінності проєкту від попередньо встановленого значення. Зважаючи на це, ефективний процес контролю має відстежувати динаміку цінності в умовах невизначеності [37]. При цьому практика схиляється до припущення, що ризик менеджмент сам по собі додає цінності (value) проєкту [38].

Все це дозволяє стверджувати, що доцільним є проведення дослідження, присвяченого розробці моделі аналізу зміни цінності будівельного проєкту, досягнутої внаслідок інжинірингу, в умовах невизначеності. При цьому така модель оцінки вдосконалення дизайну має відповідати задачі захисту навколишнього середовища.

3. Мета і задачі дослідження

Метою роботи є розробка моделі аналізу динаміки цінності будівельного проєкту в умовах невизначеності, з оцінкою зміни інвестиційного ризику, що відбулись внаслідок запровадження в дизайні нових інжинірингових рішень. Це дасть можливість у кожному окремому проєкті досягти кращого взаєморозуміння між інженерами та інвесторами у виборі найбільш доцільної альтернативи вдосконалення дизайну з урахуванням можливості ходу подій за різними варіантами.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

- охарактеризувати властивості ізоцінностей в умовах невизначеності;
- розробити концептуальну процедуру аналізу динаміки цінності проєкту, спираючись на прогноз руху грошових коштів за кількома ймовірними сценаріями;
- запропонувати відповідну аналітичну модель, проілюструвавши її на прикладі.

4. Матеріали та методи дослідження

В процесі дослідження була використана інформація щодо очікуваних грошових потоків по проєкту будівництва заводу з виробництва будівельних конструкцій.

В ході дослідження були застосовані наступні методи:

- аналіз, синтез, індукція, дедукція, теорія динаміки цінності проєкту (для визначення властивостей і графічного відображення ізоцінностей в умовах невизначеності);
- метод функціонального аналізу систем/Functional Analysis System Technic – FAST (для формування процедури аналізу динаміки цінності проєкту внаслідок інжинірингу);
- моделювання, формалізація, методологія аналізу «вигоди-витрати», теорія ймовірностей (для створення концептуальної моделі аналізу динаміки цінності в умовах невизначеності).

“Винайдений в кінці 1960-х, FAST вдосконалив Аналіз цінності. Метою цього методу є створення нового дизайну, проте, він може бути застосований і для покращення вже існуючої системи. За своїм принципом дії, FAST дозволяє вибудувати послідовність функцій, які виконуються системою, що аналізується” [39].

В роботі [40] зазначено, що “дослідження економіста Ніколаса Горгеску-Рогена по ентропії і термодинаміці в економічних процесах демонструє як деградують природні ресурси під впливом економічної діяльності” (“economist Georgescu-Roegen’s work on entropy and thermodynamics in economic processes demonstrates how natural resources are degraded by economic activity”). Теорія динаміки цінності проєкту побудована на основі трьох законів, які тісно кореспондуються з законами термодинаміки [6]. Отже, цей аспект методології узгоджується з твердженням, наведеним у [41], що в екологічній економіці закони термодинаміки профілюють закони економіки.

В основі розрахунків, в рамках дослідження, лежить коефіцієнт «вигоди-витрати», який має певні особливості і представлений формулою (1). BCR проєкту, у контексті моніторингу інвестором динаміки цінності, являє собою співвідношення суми приведених вигід до суми приведених витрат:

$$BCR = \frac{\sum_{n=0}^{\tau} (P_n \cdot k_n)}{\sum_{n=0}^{\tau} (C_n \cdot k_n)}, \quad (1)$$

де P_n – надходження грошових коштів (вигоди) у періоді n ;

C_n – сплата грошових коштів (витрати) у періоді n ;

k_n – коефіцієнт дисконтування, який враховує знецінення коштів від моменту початку проєкту до періоду (року) n [6].

Тут слід відмітити, що традиційний підхід до розрахунку показника BCR, або як його ще називають profitability index (PI), є дещо іншим. Наприклад, відповідно до [42], цей критерій обчислюють як частку від ділення NPV на початкові інвестиції.

5. Результати дослідження впливу інжинірингу на цінність проєкту з урахуванням ризику

5. 1. Властивості ізоцінностей в умовах невизначеності

Властивості графіків ізоцінностей без урахування впливу фактору невизначеності сформульовані у роботі [6]. Наведемо приклад того, яким чином утворюються точки станів проєкту на одній лінії ізоцінностей. Як зазначено в [43], прискорення шляхом застосування більш щільного графіку здійснення робіт дає вигоду у часі, проте, пов’язано із дзеркальними ризиками більш високих витрат і несвоєчасного завершення виконання.

За умови, коли модель передбачає тільки один, “точний” прогноз руху грошових коштів, вважається, що кожен етап інжинірингу виводить проєкт на свій єдиний рівень динамічної цінності. Проте, за наявності кількох сценаріїв руху грошових коштів, кожному з них належить своя лінія ізоцінностей у чотирьохвимірній системі координат «час-вигоди-витрати-ризик».

Потреба в кількох сценаріях прогнозу узгоджується з образним твердженням: «Відповідно до традиційних припущень, майбутнє єдине, як кінець дороги. Проте, відповідно до взаємодоповнюючих припущень, майбутнє множинне, як рукави дельти річки» (“According to traditional assumptions, the future is singu-

lar, like the end of the road. But according to complimentary assumptions, the future is plural, like the branches of a river delta ”) [44].

При цьому, лінія ізоцінності, що відповідає песимістичному прогнозу руху грошових коштів по проєкту, знаходиться ближче до початку координат, а оптимістичному – далі від нього (рис. 1). Лінія ізоцінності, що відповідає найбільш ймовірному прогнозу, розташована посередині вищезазначених ліній.

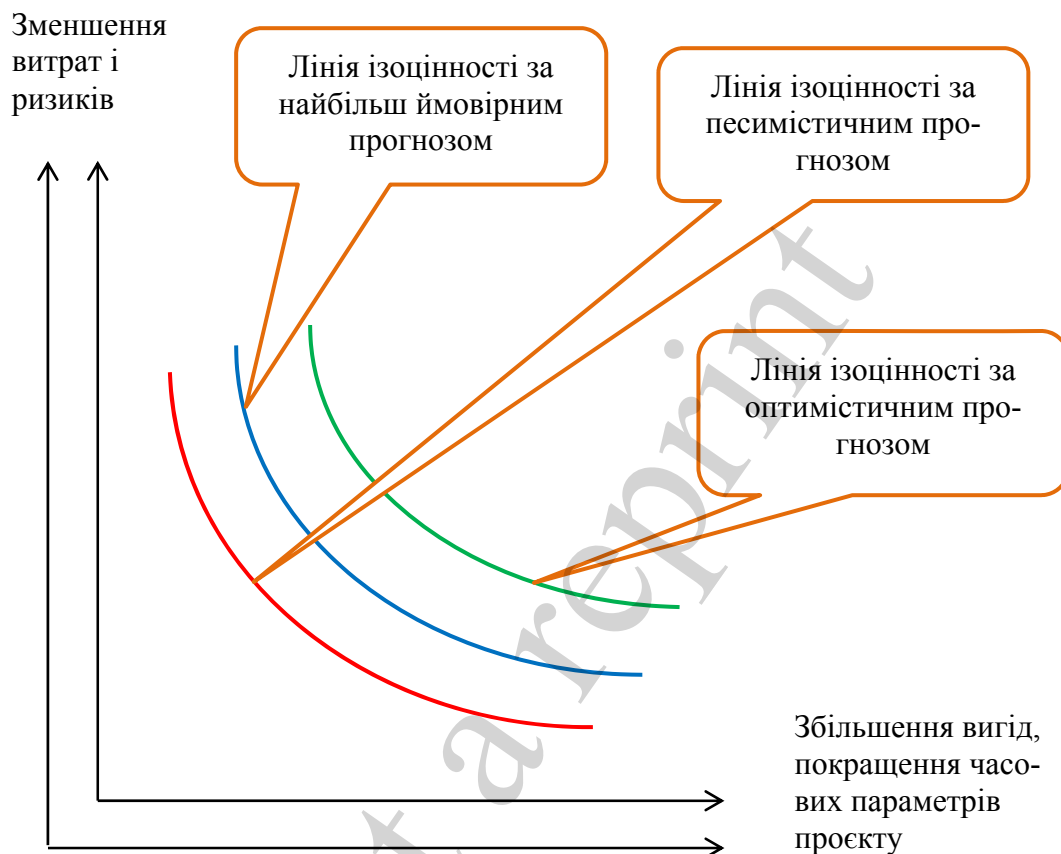


Рис. 1. Умовне зображення ліній динамічної рівноцінності проєкту (за оптимістичним, песимістичним і найбільш ймовірним прогнозом)

Виходячи з вищенаведеного, визначення ліній ізоцінності, порівняно із зазначеним у [6], має бути дещо змінене. Сценарій, оснований на балансі оптимізму і песимізму, є найбільш ймовірним, а його лінія ізоцінності є ключовою в аналізі. Чим більш песимістичними є очікування, тим ближчою до початку координат стає відповідна лінія ізоцінності. З іншого боку, чим більш оптимістичним є прогноз, тим далі від початку координат розташована відповідна лінія ізоцінності. Крім того, чим далі знаходиться ізоцінність від ключової лінії, тим меншою є ймовірність такого сценарію подій.

При підвищенні ефективності проєкту внаслідок інжинірингу, весь масив ліній ізоцінності (для всієї сукупності сценаріїв прогнозу) змінює своє геометричне місце, зсуваючись далі від початку координат простору. Отже, можливе виникнення наступної наочної ситуації. Лінія ізоцінності за песимістичним

прогнозом внаслідок поточної сесії інжинірингу зсунеться на місце, де раніше (на попередній сесії) була лінія ізоцінності за найбільш ймовірним прогнозом. У свою чергу, лінія ізоцінності за найбільш ймовірним прогнозом зсунеться на місце, де раніше була лінія ізоцінності за оптимістичним прогнозом. А нове розташування лінії ізоцінності за оптимістичним прогнозом опиниться ще далі від початку координат відповідного чотиривимірного простору.

5. 2. Процедура аналізу динаміки цінності проєкту внаслідок інжинірингу

Для взаєморозуміння і зручної конвергенції позицій інвесторів і команди інжинірингу цінності (команди дизайну), модель аналізу динаміки ефективності проєкту доцільно розробити із застосуванням Functional Analysis System Technique (FAST). Ця техніка є потужним і популярним засобом побудови максимально логічних процедур.

Ключова задача такого аналізу – оцінити динамічну складову впливу інжинірингу, здійсненого протягом поточної сесії, на ефективність проєкту (рис. 2). Саме цей вплив, оцінюваний зміною BCR, характеризує успішність роботи команди інжинірингу цінності з точки зору інвесторів та інших учасників проєкту за умови бережливого ставлення до природи [6]. Проте, як впливає з попереднього розділу, в умовах невизначеності доречно зробити кілька прогнозів (сценаріїв) руху грошових коштів, відповідно до різних ступенів оптимізму/песимізму. Кожен сценарій буде мати свій BCR.

Зміст аналізу динаміки цінності (scope of VDA study) складається з трьох етапів. На першому етапі, за хронологією подій, здійснюються кроки (блоки) щодо збору вхідної інформації та ініціювання відповідної процедури. Згідно з термінологією FAST, ці кроки відносяться до функцій “lower scope”. Верифікація (валідація) відповідних даних по попередній сесії інжинірингу здійснюється в разі, коли така мала місце. При аналізі першої сесії інжинірингу цінності, BCR за всіма варіантами прогнозу порівнюються з одиницею.

На другому, проміжному етапі, за хронологією подій, здійснюються кроки щодо багатоваріантного прогнозування грошових потоків і розрахунку BCR та ΔBCR для кожного відповідного сценарію очікуваних умов здійснення проєкту.

На третьому етапі, за хронологією подій, здійснюються кроки щодо розрахунку EBCR та $\Delta EBCR$, а також оцінки ризику прийняття помилкового рішення та розрахунку зміни такого ризику внаслідок запровадження пропонованих інжинірингових рішень. Крім того, тут може бути розрахована пропорція динамічного і статичного векторів у загальній зміні цінності проєкту. Згідно з термінологією FAST, ці кроки відносяться до функцій “upper scope”.

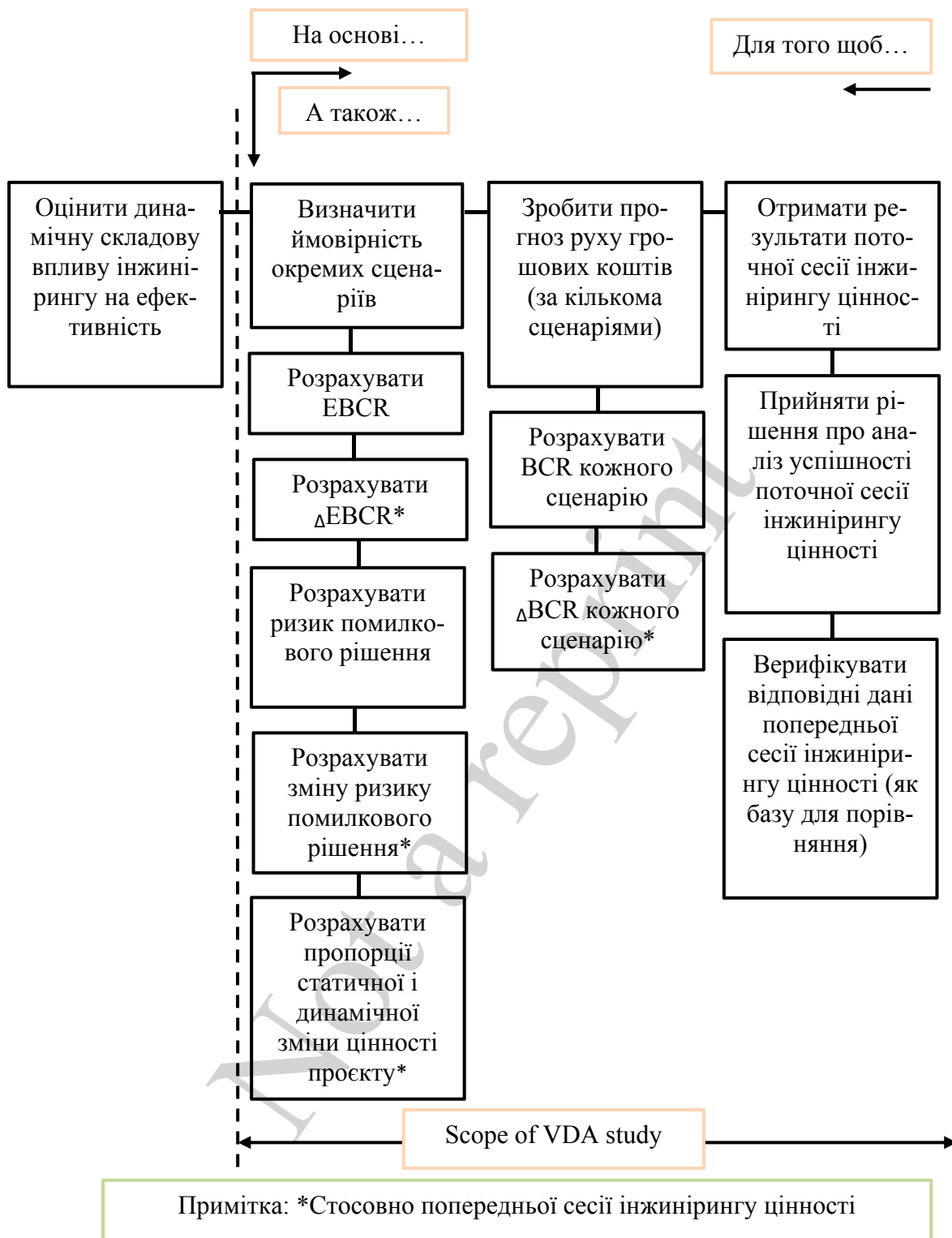


Рис. 2. Процедура аналізу динаміки цінності проєкту внаслідок інжинірингу в умовах невизначеності (на основі FAST)

Отже, третій етап процедури є вирішальним. В зв'язку з цим, тут слід зазначити наступне. Розрахунок очікуваного коефіцієнту «вигоди-витрати» (EBCR) є схожим на відомий розрахунок очікуваної чистої приведеної вартості (ENPV), проте, в рамках пропонованої концептуальної моделі має деякі харак-

терні відмінності. Ключові критерії оцінки динаміки цінності проєкту в умовах невизначеності, EBCR і Δ EBCR, обчислюються не на основі чистих грошових потоків, а на базі окремо взятих щорічних сумарних вигід і щорічних сумарних витрат по проєкту. В такий спосіб концептуальна модель сприяє тому, що робота команди інжинірингу цінності стає зорієнтованою на задачу максимізації цінності при економії трудових, матеріальних і фінансових ресурсів протягом проєктного циклу [6]. Водночас, поле вхідних даних в розрахунках відповідно розширюється. Це, в свою чергу, впливає на результат обчислення ризику того, що будівельний проєкт (аналізований варіант його дизайну) в реальності може виявитись не вигідним для інвесторів. Зазначене питання більш детально розкрито в розділі «Обговорення».

5. 3. Опис пропонованої моделі на прикладі її застосування

Кроки процедури (рис. 2), з метою розкриття властивостей і математичного змісту моделі, проілюструємо на наочному кейсі. В зазначеному прикладі насамперед наведено аналіз фінансово-економічного результату інжинірингу цінності проєкту за вектором одночасно і статичного, і динамічного розвитку. Інтерпретація отриманих даних з позиції порівняння такої інжинірингової зміни проєкту з двома іншими векторами підвищення цінності (суто статичного і суто динамічного) наведена в розділі «Обговорення». Принциповою ознакою кейсу є те, що в ньому відображена оцінка динаміки цінності проєкту, завдяки інжинірингу, в умовах невизначеності щодо стану ринку після введення об'єкту будівництва в експлуатацію.

Прогноз руху грошових коштів за середнім, найбільш очікуваним сценарієм, станом до проведення аналізованої інжинірингової сесії наведено в табл. 1. Строк прогнозування (життєвий цикл проєкту), з метою зручності представлення даних у статті, обмежений 11-ма роками.

Сумарні доходи по проєкту в останньому році періоду прогнозування враховують залишкову вартість (residual value). За умови, коли критеріальна відсоткова ставка становить 12 %, BCR проєкту, розрахований на основі окремо взятих щорічних сумарних вигід і витрат, за (1), дорівнює 1,0574728. Для порівняння зазначимо, що BCR проєкту, розрахований традиційно, на основі чистих грошових потоків, становить 1,145036.

Окрім найбільш ймовірного сценарію, прогноз в умовах невизначеності, в рамках цього кейсу, охоплює ще 4 варіанта розвитку подій, відповідно до очікувань щодо стану ринку (рівня оптимізму/песимізму). Згідно з цими сценаріями, протягом операційної діяльності проєкту вигоди і витрати очікуються у зазначених в табл. 2 обсягах.

BCR, розраховані на основі формули (1), представлено в табл. 3. Як свідчать наведені дані, якщо події підуть за песимістичним сценарієм, то проєкт не буде вигідним для інвесторів (відповідний BCR є меншим за одиницю). Крім того, кожен з п'яти сценаріїв, включаючи найбільш очікуваний, має свою ймовірність.

Таблиця 1

Прогноз руху грошових коштів, що відображає стан проєкту до аналізованої сесії інжинірингу цінності (найбільш очікуваний сценарій), тис. дол. США

Рік	Капітальні вкладення	Доходи протягом операційної діяльності	Витрати протягом операційної діяльності	Чистий рух грошових коштів
0	-9 600	—	—	-9 600
1	-14 400	—	—	-14 400
2	-9 600	—	—	-9 600
3	—	18 240	-10 800	7 440
4	—	18 240	-10 800	7 440
5	—	18 240	-10 800	7 440
6	—	18 240	-10 800	7 440
7	—	18 240	-10 800	7 440
8	—	18 240	-10 800	7 440
9	—	18 240	-10 800	7 440
10	—	18 240	-10 800	7 440
11	—	28 240	-10 800	17 440
Сума	-33 600	174 160	-97 200	43 360

Таблиця 2

Додаткові сценарії прогнозу, які відображають стан проєкту до аналізованої сесії інжинірингу цінності, тис. дол. США

Показник	Сценарії / варіанти прогнозу			
	Оптимістичний	Відносно оптимістичний	Відносно песимістичний	Песимістичний
Доходи (вигоди) по роках 3–10	25 536	22 800	16 781	14 592
Доходи (вигоди) в 11-му році	39 536	35 300	25 981	22 592
Витрати по роках 3–11	-14 040	-13 176	-10 260	-9 180

Очікуваний коефіцієнт "вигоди-витрати" по проєкту (EBCR) розраховується як сума добутків коефіцієнтів на ймовірності (табл. 3). Таким чином, EBCR проєкту, станом до аналізованої сесії інжинірингу цінності, дорівнював 1,0719221.

Виходячи з вищезазначеного, варіація (σ^2) становить 0,0055041, а стандартне відхилення (σ) дорівнює 0,0741894. Ці два показники характеризують дисперсію навколо EBCR, відображаючи обидва боки невизначеності – як ризик того, що фактична ситуація виявиться гіршою за очікувану, так і можливість того, що кращою.

Для оцінки ризику виникнення ситуації, коли проєкт буде мати BCR менший за одиницю, обчислюється коефіцієнт Z:

$$Z = \frac{1 - EBCR}{\sigma} \quad (2)$$

Таблиця 3

Проміжні розрахунки для визначення EBCR проєкту, станом до аналізованої сесії інжинірингу цінності

k	Сценарій	Коефіцієнт "вигоди-витрати" (BCR_k)	Ймовірність сценарію (P_k)	Добуток коефіцієнту на ймовірність ($BCR_k \times P_k$)
1	Оптимістичний	1,25344	0,05	0,0626719
2	Відносно оптимістичний	1,16686	0,2	0,2333715
3	Середній	1,05747	0,5	0,5287364
4	Відносно песимістичний	1,00316	0,2	0,2006314
5	Песимістичний	0,93022	0,05	0,0465109

За кейсом, що розглядається, до аналізованої сесії інжинірингу цінності Z-оцінка динамічної ефективності проєкту становила $-0,9694$. Відповідно, можливість того, що в реальності BCR проєкту виявиться меншим за одиницю, дорівнювала 16,6 % (як показано на рис. 3).

Водночас зазначимо, що виходячи з наведених вище даних, ENPV проєкту, станом до аналізованої сесії інжинірингу цінності, становила 5998,74 тис. дол. США.

Після проведення аналізованої сесії інжинірингу цінності (удосконалення дизайну), рух грошових коштів по проєкту за середнім, найбільш ймовірним сценарієм змінюється (табл. 4). Зміни відбулися як у капітальних вкладеннях, так і в доходах та витратах протягом операційної діяльності об'єкту будівництва. Проте, виграш у доходах перевищує сумарний програш у витратах та інвестиціях (відносно стану проєкту, який розглянуто вище).

Зазначений, найбільш ймовірний сценарій є "середньою лінією" для побудови чотирьох інших варіантів прогнозу розвитку подій: оптимістичного, відносно оптимістичного, відносно песимістичного і песимістичного (табл. 5). Ці сценарії відображають вигоди і витрати протягом операційної діяльності об'єкту будівництва, з оновленими технологічними рішеннями дизайну, відповідно до певних станів ринку.

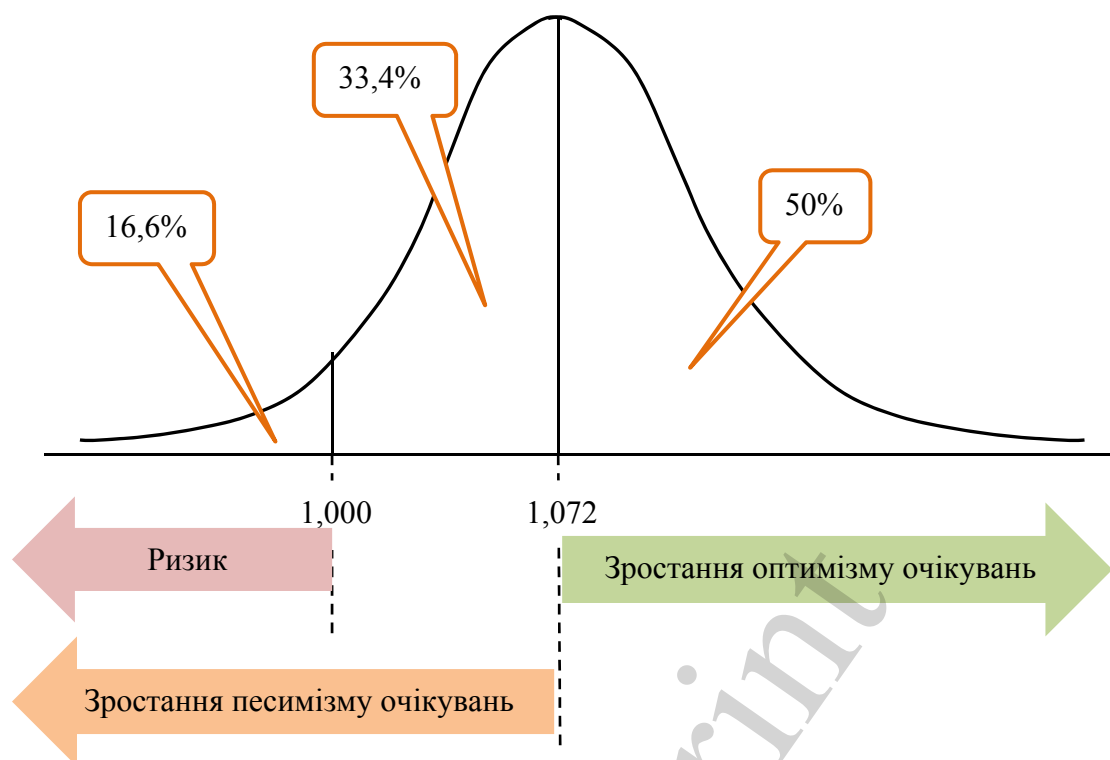


Рис. 3. Площа під кривою нормального розподілу ймовірності (згідно з кейсом щодо BCR в умовах невизначеності, станом до аналізованої сесії інжинірингу цінності)

Таблиця 4

Прогноз руху грошових коштів, що відображає стан проекту після аналізованої сесії інжинірингу цінності (найбільш очікуваний сценарій), тис. дол. США

Рік	Капітальні вкладення	Доходи протягом операційної діяльності	Витрати протягом операційної діяльності	Чистий рух грошових коштів
0	-14 400	—	—	-14 400
1	-21 600	—	—	-21 600
2	-14 400	—	—	-14 400
3	—	27 360	-15 429	11 931
4	—	27 360	-15 429	11 931
5	—	27 360	-15 429	11 931
6	—	27 360	-15 429	11 931
7	—	27 360	-15 429	11 931
8	—	27 360	-15 429	11 931
9	—	27 360	-15 429	11 931
10	—	27 360	-15 429	11 931
11	—	42 360	-15 429	26 931
Сума	-50 400	174 160	-97 200	71 980

Таблиця 5

Додаткові сценарії прогнозу, які відображають стан проєкту після аналізованої сесії інжинірингу цінності, тис. дол. США

Показник	Сценарії/варіанти прогнозу			
	Оптимістичний	Відносно оптимістичний	Відносно песимістичний	Песимістичний
Доходи (вигоди) по роках 3–10	38 304	34 200	25 171	21 888
Доходи (вигоди) в 11-му році	59 304	52 950	38 971	33 888
Витрати по роках 3–11	–20 058	–18 823	–14 657	–13 115

Проведена сесія інжинірингу цінності призвела до зростання BCR (табл. 6). За окремими сценаріями зміна коефіцієнту «вигоди-витрати», порівняно з попереднім станом проєкту, становить: $\Delta BCR_1=0,04094$ або 3,27 %; $\Delta BCR_2=0,03726$ або 3,19 %; $\Delta BCR_3=0,03129$ або 2,96 %; $\Delta BCR_4=0,02906$ або 2,90 %; $\Delta BCR_5=0,02567$ або 2,76 %. Отже простежується тенденція: чим більш песимістичним є сценарій, тим менший вплив на його BCR має проведена сесія інжинірингу. Крім того, як свідчать дані в рамках кейсу, якщо події підуть за найбільш песимістичним сценарієм, то проєкт залишиться не вигідним для інвесторів.

Таблиця 6

Проміжні розрахунки для визначення EBCR проєкту, станом після аналізованої сесії інжинірингу цінності

k	Сценарій	Коефіцієнт "вигоди-витрати" (BCR_k)	Ймовірність сценарію (P_k)	Добуток коефіцієнту на ймовірність ($BCR_k \times P_k$)
1	Оптимістичний	1,29438	0,05	0,0647189
2	Відносно оптимістичний	1,20412	0,2	0,2408245
3	Середній	1,08876	0,5	0,5443799
4	Відносно песимістичний	1,03221	0,2	0,2064426
5	Песимістичний	0,95589	0,05	0,0477946

Сума добутоків BCR_k на ймовірності відповідних сценаріїв дає EBCR, який в цьому випадку дорівнює 1,1041605. Отже, завдяки результатам проведеної сесії інжинірингу зміна очікуваного коефіцієнту «вигоди-витрати» $\Delta EBCR=0,0322384$, що свідчить про позитивну динаміку цінності проєкту.

Тепер, згідно з процедурою, слід проаналізувати, як сесія інжинірингу вплинула на інвестиційний ризик. Виходячи з даних, наведених у табл. 6, для цього стану проєкту (цього варіанту дизайну), варіація (σ^2) становить 0,0060607, стандар-

ртне відхилення (σ) дорівнює 0,0778503, а коефіцієнт Z – $-1,337959708$. Отже, ризик того, що BCR проєкту виявиться меншим за одиницю, дорівнює 12,1 %. Таким чином, хоч стандартне відхилення і зросло, але інвестиційний ризик, розрахований за коефіцієнтом «вигоди-витрати», знизився на 4,5 %.

Отже, аналізована сесія інжинірингу цінності призвела до динамічного зростання ефективності проєкту і зниження ризику того, що інвестовані в проєкт кошти принесуть недостатні вигоди на одиницю витрат протягом всього проєктного циклу. А як підкреслено в [45], проєктний менеджмент загалом має на меті підвищити імовірність успіху проєкту.

Водночас зазначимо, що виходячи з наведених вище даних, ENPV проєкту, станом після аналізованої сесії інжинірингу вартості, стала дорівнювати 12409,33 тис. дол. США.

У представленому в табл. 4–6 варіанті аналізована сесія інжинірингу цінності (удосконалення дизайну) призвела до зміни ефективності проєкту таким чином, що змінився як його масштаб, так і співвідношення вигід до витрат.

Для визначення частки приросту цінності, яка досягнута завдяки суто динамічним факторам, наведеться варіант дизайну, що виводить проєкт на відповідну лінію ізоцінності, але без статичного фактору. В табл. 7 представлені дані, коли сесія інжинірингу цінності призвела лише до зниження витрат протягом операційної діяльності об'єкту будівництва (порівняно з ситуацією, яка представлена у табл. 1).

Таблиця 7

Прогноз руху грошових коштів, що відображає стан проєкту після аналізованої сесії інжинірингу цінності: *суто динамічна зміна* (найбільш очікуваний сценарій), тис. дол. США

Рік	Капітальні вкладення	Доходи протягом операційної діяльності	Витрати протягом операційної діяльності	Чистий рух грошових коштів
0	–9 600	–	–	–9 600
1	–14 400	–	–	–14 400
2	–9 600	–	–	–9 600
3	–	18 240	–10 286	7 954
4	–	18 240	–10 286	7 954
5	–	18 240	–10 286	7 954
6	–	18 240	–10 286	7 954
7	–	18 240	–10 286	7 954
8	–	18 240	–10 286	7 954
9	–	18 240	–10 286	7 954
10	–	18 240	–10 286	7 954
11	–	28 240	–10 286	17 954
Сума	–33 600	174 160	–92 573	47 987

Згідно з іншими сценаріями, за цим варіантом результату сесії інжинірингу цінності, протягом операційної діяльності проєкту вигоди і витрати очікуються у зазначених у табл. 8 обсягах.

Таблиця 8

Додаткові сценарії прогнозу, які відображають стан проєкту після аналізованої сесії інжинірингу цінності: *суто динамічна зміна*, тис. дол. США

Показник	Сценарії / варіанти прогнозу			
	Оптимістичний	Відносно оптимістичний	Відносно песимістичний	Песимістичний
Доходи (вигоди) по роках 3-10	25 536	22 800	16 781	14 592
Доходи (вигоди) в 11-му році	39 536	35 300	25 981	22 592
Витрати по роках 3-11	-13 372	-12 549	-9 772	-8 743

Для зазначеного у табл. 7, 8 випадку дані проміжних розрахунків для визначення EVCR проєкту будуть такими самими, як зазначено в табл. 6. Отже, EVCR проєкту дорівнюватиме 1,1041605, а відповідний інвестиційний ризик – 12,1 %. Таким чином, ефективність проєкту знаходиться на тій самій лінії ізоцінності, що і в ситуації після проведення інжинірингу, яку представлено в табл. 4–6. Водночас, ENPV проєкту стала дорівнювати 8272,89 тис. дол. США. Весь приріст цього показника ($\Delta\text{ENPV}=2274,14\ 89$ тис. дол. США), порівняно зі станом до аналізованої сесії інжинірингу цінності, відбувся завдяки динамічному фактору розвитку проєкту.

Тепер можна повернутися до аналізу ситуації, коли сесія інжинірингу призвела як до статичної, так і до динамічної зміни цінності проєкту (табл. 4–6). Розрахунок пропорції двох векторів зміни цінності (статичного і динамічного) у загальному обсязі підвищення ефективності проєкту представлено у табл. 9. В цій частині оцінки фінансово-економічного результату проведеної сесії інжинірингу, аналіз спитається головним чином на ΔENPV , а не на ΔEBCR , оскільки саме цей показник відображає обидва напрями розвитку проєкту – і динамічний, і статичний. Проте, EBCR виконує важливу допоміжну функцію шляхом того, що за допомогою цього критерію визначаються відповідні вартісні стани проєкту на одній лінії ізоцінності. Отже, в рамках “Кристалу” управління цінністю, на цьому етапі оцінки відбувається синергетичне застосування аналізу «вигоди-витрати» і теорії динаміки цінності проєкту [46].

Особливості розрахунку BCR по концептуальній моделі, на відміну від традиційних підходів, виявлять вплив такої зміни на ефективність проєкту. Для альтернативи, представленої у табл. 10, цей показник буде дорівнювати 1,0524501, що відрізняється від альтернативи, представленої у табл. 1, де він склав 1,0574728.

Таблиця 9

Розрахунок пропорції статичної і динамічної зміни цінності проекту, згідно з кейсом

Фактор інжинірингового розвитку проекту	Δ ENPV, тис. дол. США	Δ ENPV, %
Загальний приріст	6410,59	100 %
Динамічна складова	2274,14	35,47 %
Статична складова	4136,44	64,53 %

Примітки (пояснення до розрахунку): ENPV проекту станом до і після сесії інжинірингу становила відповідно 5998,74 і 12409,33 тис. дол. США. Отже, загальний приріст цінності дорівнює 6410,59 тис. дол. США. Розглянута вище ситуація з суто динамічним розвитком виводить проект на ту саму ізоцінність (EBCR проекту в обох випадках дорівнює 1,1041605). Таким чином, динамічна складова зростання цінності, як показано вище, становить 2274,14 тис. дол. США, або 35,47 % від загального обсягу. Решта зростання цінності проекту викликана статичним фактором розвитку дизайну

Тут слід також підкреслити наступне. Зміна дизайну може призвести до того, що доходи і витрати зміняться, а чистий шротівний потік – ні. Приклад такої ситуації представлено у табл. 10 (порівняно з табл. 1).

Таблиця 10

Прогноз руху грошових коштів за альтернативним варіантом проектних рішень (найбільш очікуваний сценарій), тис. дол. США

Рік	Капітальні вкладення	Доходи протягом операційної діяльності	Витрати протягом операційної діяльності	Чистий рух грошових коштів
0	-9 600	—	—	-9 600
1	-14 400	—	—	-14 400
2	-9 600	—	—	-9 600
3	—	20 240	-12 800	7 440
4	—	20 240	-12 800	7 440
5	—	20 240	-12 800	7 440
6	—	20 240	-12 800	7 440
7	—	20 240	-12 800	7 440
8	—	20 240	-12 800	7 440
9	—	20 240	-12 800	7 440
10	—	18 240	-10 800	7 440
11	—	28 240	-10 800	17 440
Сума	-33 600	188 160	-111 200	43 360

6. Обговорення результатів розробки моделі аналізу динаміки цінності проекту в умовах невизначеності

Отже, по варіанту вдосконалення дизайну, представленому в табл. 4–6, результатом роботи команди інжинірингу цінності стала і статична, і динамічна

зміна отриманого ефекту. Проте, можливими є і два концептуально інших результати.

По-перше, цінність проекту може бути змінено суто статично. Якщо внаслідок сесії інжинірингу просто збільшився масштаб проекту, то це не призведе до зміни BCR_k за відповідними сценаріями. Отже, не зміниться ані $EVCR$, ані ризик того, що проект буде неефективним. Наприклад, при збільшенні масштабу проекту, дані грошового потоку за яким наведено у табл. 1, 2, у 1,5 рази, $EVCR$ залишиться на рівні 1,0719221, а відповідний ризик – на рівні 16,6 %. Натомість, і NPV_k за кожним із сценаріїв, і розрахований на їх основі $ENPV$ збільшаться у 1,5 рази. Водночас, ймовірність від'ємного значення NPV залишиться без зміни на рівні 17,62 %. Таким чином, у зазначеному випадку всі 100 % підвищення $ENPV$ відбудуться за рахунок статичного вектору розвитку проекту.

По-друге, проект інжинірингом може бути змінено так, що його цінність зросте суто динамічно. Якщо, наприклад, внаслідок сесії інжинірингу вартості було зменшено суму капітальних витрат без зміни всіх інших параметрів проекту, то відбулось чисто динамічне підвищення цінності. У випадку, представленому в табл. 7, 8, коли завдяки інноваціям вдалося знизити витрати протягом операційної діяльності об'єкту будівництва без зміни інших параметрів проекту, всі 100 % підвищення $ENPV$ відбулись за рахунок динамічного вектору розвитку.

Для випадку, коли вдосконалення дизайну призвело як до динамічної, так і до статичної зміни цінності проекту, модель дає змогу розрахувати пропорцію двох векторів впливу покращення дизайну на ефективність. У варіанті, представленому в табл. 4–6 і 9, частка динамічного вектору становить 35,47 %, а статичного, відповідно – 64,53 %.

Тут слід звернути увагу, що, як зазначено в [6], до динамічних чинників зростання цінності за результатами сесії покращення дизайну відносяться заходи впровадження інновацій та пропозицій організаційної та технологічної раціоналізації. Решта змін (наприклад, зростання масштабу проекту, використання більш дорогих матеріалів) має статичний характер.

Пропонована концептуальна модель отримує важливі властивості завдяки тому, що розрахунок BCR спирається не на чисті грошові потоки, а на щорічні сумарні вигоди і щорічні сумарні витрати (1). Для ілюстрації отриманого внаслідок цього ефекту може бути розглянута ситуація, дані за якою представлені в табл. 1, 10. Варіанти, які представлені у табл. 1, 10, мають однакові чисті грошові потоки. Проте, другий варіант (табл. 10) характеризується більшим навантаженням проекту на природу – і доходи, і витрати протягом років з 3-го по 10-й дзеркально збільшені на 2 млн. дол. США.

Отже, якщо BCR (або індекс прибутковості PI), коли відсоткова ставка становить 12 %, розрахувати виходячи з чистих грошових потоків, то за варіантами, які представлені у табл. 1, 10, отримаємо однаковий результат – 1,145036. Проте, якщо BCR розрахувати виходячи з щорічних сумарних вигід і щорічних сумарних витрат, то за другим варіантом результат буде 1,0524501, що на 0,005023 менше (гірше) ніж по першому варіанту (коментар до табл. 1). Це і є ціннісним відображенням того, що другий варіант (друга альтернатива) несе збільшене навантаження проекту на природу.

Водночас, ця позитивна “екологічна” властивість пропонованого підходу до розрахунку BCR (EBCR) має і зворотний бік. У випадку, коли обчислення і ENPV, і EBCR спирається на чисті грошові потоки по проєкту, отримувана оцінка ризику прийняття помилкового інвестиційного рішення по обох показниках буде однаковою. Так, наприклад, по варіанту зазначеному у табл. 7, 8, за традиційним підходом до розрахунків, як ймовірність від’ємного NPV, так і ймовірність BCR, меншого за одиницю, становить 10,92 %. Проте, при обчисленні BCR (EBCR) на основі щорічних сумарних вигід і щорічних сумарних витрат, ймовірність BCR, меншого за одиницю, буде іншою. В ситуації, що розглядається, ймовірність прийняття помилкового інвестиційного рішення по цьому критерію становить 12,10 %. Такий результат пояснюється збільшеним полем вхідних даних для розрахунків і, знов таки, віддзеркалює наявність ризиків впливу проєкту на оточуюче середовище.

Підкреслимо також, що пропонований підхід спрямований передусім на стимулювання динамічного зростання цінності проєкту, яке вимірюється показником ΔBCR . Таке зростання можливе навіть за умови, коли новий дизайн призводить до зменшення масштабу проєкту. Отже, пропонована модель відповідає зазначеній у роботі [47] сучасній тенденції зсуву у сприйнятті цінності дизайну “від «більше є краще» до «менше є крутіше».

Отримані результати порівняно з [6] відрізняються завдяки тому, що аналіз здійснюється не на основі детермінованого грошового потоку, а на основі багатоваріантного прогнозу. Це графічно відображається сукупністю ліній ізоцінності (рис. 1). В такий спосіб концептуальна модель більшою мірою відповідає умовам, які існують в реальному світі з турбулентними характеристиками розвитку. Крім того, пропонована процедура побудована на принципах FAST (рис. 2). А цей креативний інструмент є одним з ключових в інжинірингу цінності [35].

На відміну від підходу EGVM [31], пропонована модель враховує вартість грошей у часі і є оцінкою економічної ефективності проєкту. Завдяки цьому аналіз відповідає ключовим інвестиційним принципам і дозволяє співставно враховувати вигоди і витрати, які відбуватимуться в різні роки життєвого циклу проєкту.

Проведене дослідження має наступні обмеження:

- дослідження стосується лише проєктів, які мають тривалий життєвий цикл (тобто таких, для яких є доцільним застосування дисконтування грошових потоків);
- модель може бути застосована лише в проєктах, по яких можна в грошовій формі визначити не тільки витрати, але і вигоди;
- дослідження було проведено на прикладі будівельного проєкту і не охоплює інших видів проєктів.

Подальший розвиток дослідження можливий у наступних напрямках:

- опрацювання моделі на проєктах, які стосуються не будівництва, а інших сфер діяльності;
- дослідження кумулятивної взаємодії концептуальної моделі з усіма іншими гранями «Кристалу управління цінністю проєктів» [46].

Підсумовуючи, слід окреслити ключові особливості пропонованої концептуальної моделі:

- модель дозволяє аналізувати динаміку цінності проєкту в умовах невизначеності і ризиків;
- дослідження математично доводить, що чим більш песимістичним є сценарій, тим менший вплив на нього має вдосконалення дизайну;
- підхід дозволяє розрахувати пропорції динамічної та статичної зміни цінності дизайну;
- підвищення цінності дизайну з одночасним зменшенням масштабу проєкту в контексті логіки сталого розвитку може вважатись найкращим рішенням.

Практична цінність пропонованої моделі полягає у наступному. Оскільки аналіз побудований на показниках, які логічно узгоджується з відповідними основами методології SAVE International, то модель буде сприяти ефективній роботі команд інжинірингу цінності. До складу цих команд входять у тому числі інвертори, які оцінюють проєкти на основі BCR і NPV. Отже, інвестори та інженери будуть мати спільну основу для прийняття рішень. Крім того, оскільки аналіз ґрунтується на низці можливих сценаріїв, то модель віддзеркалює ймовірнісний характер подій. Це сприятиме прийняттю найбільш доцільних рішень з урахуванням ризиків в сучасних умовах турбулентного розвитку. Ще одним елементом практичної цінності роботи є спрямованість моделі на захист навколишнього середовища та економію ресурсів. В умовах загострення екологічних проблем цей аспект моделі є дуже корисним.

7. Висновки

1. В умовах невизначеності, лінія ізоцінності – це геометричне місце точок, в яких різні комбінації чотирьох вимірів простору «час-вигоди-витрати-ризик» дають один і той самий BCR, при певному ступені оптимізму щодо руху грошових коштів по проєкту. Сценарій, оснований на балансі оптимізму і песимізму, є найбільш ймовірним, ключовим. Чим більш песимістичними є очікування, тим ближчою до початку координат стає відповідна лінія ізоцінності. Крім того, чим далі знаходиться ізоцінність від ключової лінії, тим меншою є ймовірність такого сценарію подій. При підвищенні ефективності проєкту внаслідок інжинірингу, весь масив ліній ізоцінності (для всієї сукупності сценаріїв прогнозу) змінює своє геометричне місце, зсуваючись далі від початку координат відповідного простору.

2. Аналіз динаміки цінності в умовах невизначеності складається з трьох етапів. Реалізація першого етапу забезпечує отримання вхідної інформації, що дозволяє обґрунтовано ініціювати оцінку динаміки цінності. Реалізація другого етапу забезпечує отримання багатоваріантного прогнозу грошових потоків, що дозволяє розрахувати BCR та Δ BCR для кожного сценарію очікуваних умов здійснення проєкту. Реалізація третього етапу забезпечує обчислення EBCR та Δ EBCR, оцінку ризику прийняття помилкового інвестиційного рішення та зміни такого ризику внаслідок проведеної сесії інжинірингу, розрахунок досягнутої пропорції статичної і динамічної зміни цінності проєкту.

3. Концептуальна аналітична модель характерна тим, що оцінка успішності роботи команди інжинірингу цінності здійснюється на основі щорічних сумарних вигід і щорічних сумарних витрат протягом проектного циклу. В такий спосіб аналізом враховується навантаження проекту на оточуюче середовище. Зазначена властивість моделі в умовах невизначеності проявляє себе при аналізі як зміни EBCR, так і зміни ризику прийняття помилкового рішення. Синергетичне застосування аналізу «вигоди-витрати» і теорії динаміки цінності дозволяє обчислити пропорцію двох векторів зміни цінності (статичного і динамічного) у загальному обсязі підвищення ефективності проекту. Наведений кейс свідчить про можливість застосування пропонованої моделі в практиці інжинірингу цінності проектів будівництва.

Література

1. Friedman, K., Lou, Y., Ma, J. (2015). Shè Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation. She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation, 1 (1), 1–4. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2015.09.002>
2. Schwab, K., Malleret, T. (2020). COVID-19: The Great Reset. ISBN Agentur Schweiz, 280.
3. Poggenpohl, S. H. (2017). Blindspots in Economics and Design: A Review of John Heskett's Design and the Creation of Value. She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation, 3 (4), 251–261. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2018.02.002>
4. Integrated Project Delivery: A Guide. AIA. URL: <https://www.aia.org/resources/64146-integrated-project-delivery-a-guide>
5. Roos, G. (2016). Design-Based Innovation for Manufacturing Firm Success in High-Cost Operating Environments. She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation, 2 (1), 5–28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2016.03.001>
6. Bugrov, O., Bugrova, O. (2020). Control process development on the ground of project value dynamics laws. Technology Audit and Production Reserves, 2 (4 (52)), 11–19. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.200995>
7. Lee, S. M., Trimi, S. (2018). Innovation for creating a smart future. Journal of Innovation & Knowledge, 3 (1), 1–8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jik.2016.11.001>
8. Bos-de Vos, M., Volker, L., Wamelink, H. (2019). Enhancing value capture by managing risks of value slippage in and across projects. International Journal of Project Management, 37 (5), 767–783. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.12.007>
9. Iliescu, M., Ciocan, R. (2017). Modern Technologies Innovation in Use for Quality Control on Construction Site. Procedia Engineering, 181, 999–1004. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.499>
10. Buchanan, R. (2015). Worlds in the Making: Design, Management, and the Reform of Organizational Culture. She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation, 1 (1), 5–21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2015.09.003>
11. Martinsuo, M., Klakegg, O. J., van Marrewijk, A. (2019). Editorial: Delivering value in projects and project-based business. International Journal of Project Management, 37 (5), 631–635. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.01.011>

12. Vesic-Vasovic, J., Radojicic, M., Nesic, Z., Mihailovic, D. (2014). Possibility of choosing development investment programs of a production company by applying discounted investment appraisal technique. *Journal of Engineering Management and Competitiveness*, 4 (1), 41–46. doi: <https://doi.org/10.5937/jemc1401041v>
13. Volden, G. H. (2019). Assessing public projects' value for money: An empirical study of the usefulness of cost–benefit analyses in decision-making. *International Journal of Project Management*, 37 (4), 549–564. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.02.007>
14. Wu, D., Ma, X., Zhang, S., Ma, J. (2019). Are more economic efficient solutions ignored by current policy: Cost-benefit and NPV analysis of coal-fired power plant technology schemes in China. *Ecological Indicators*, 103, 105–113. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.039>
15. Gaspars-Wieloch, H. (2017). Project Net Present Value estimation under uncertainty. *Central European Journal of Operations Research*, 27 (1), 179–197. doi: <https://doi.org/10.1007/s10100-017-0500-0>
16. Bilqist, R. A., Dachyar, M., Farizal, F. (2018). Project Valuation in the Geothermal Power Plant Project: A Comparison of Expected Net Present Value and Static Net Present Value Approaches. *SSRN Electronic Journal*. doi: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3248120>
17. Casady, C. B., Gómez-Ibáñez, J. A., Schwimmer, E. (2020). Toll-managed lanes: A simplified benefit-cost analysis of seven US projects. *Transport Policy*, 89, 38–53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.02.001>
18. Alsultan, M., Jun, J., Lambert, J. H. (2020). Program evaluation of highway access with innovative risk-cost-benefit analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, 193, 106649. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106649>
19. Kahraman, C., Tolga, E., Ulukan, Z. (2000). Justification of manufacturing technologies using fuzzy benefit/cost ratio analysis. *International Journal of Production Economics*, 66 (1), 45–52. doi: [https://doi.org/10.1016/s0925-5273\(99\)00103-6](https://doi.org/10.1016/s0925-5273(99)00103-6)
20. Garrote, J., Bernal, N., Díez-Herrero, A., Martins, L. R., Bodoque, J. M. (2019). Civil engineering works versus self-protection measures for the mitigation of floods economic risk. A case study from a new classification criterion for cost-benefit analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 37, 101157. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101157>
21. Pivorienė, A. (2017). Real Options and Discounted Cash Flow Analysis to Assess Strategic Investment Projects. *Economics and Business*, 30 (1), 91–101. doi: <https://doi.org/10.1515/eb-2017-0008>
22. Martinuzzi, A., Blok, V., Brem, A., Stahl, B., Schönherr, N. (2018). Responsible Research and Innovation in Industry – Challenges, Insights and Perspectives. *Sustainability*, 10 (3), 702. doi: <https://doi.org/10.3390/su10030702>
23. Cao, Y., Wan, N., Zhang, H., Zhang, X., Zhou, Q. (2020). Linking environmental regulation and economic growth through technological innovation and resource consumption: Analysis of spatial interaction patterns of urban agglomerations. *Ecological Indicators*, 112, 106062. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106062>

24. Sofia, D., Gioiella, F., Lotrecchiano, N., Giuliano, A. (2020). Cost-benefit analysis to support decarbonization scenario for 2030: A case study in Italy. *Energy Policy*, 137, 111137. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111137>
25. Kong, L., Ma, B. (2020). Evaluation of environmental impact of construction waste disposal based on fuzzy set analysis. *Environmental Technology & Innovation*, 19, 100877. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100877>
26. Manzoor, T., Rovenskaya, E., Muhammad, A. (2016). Game-theoretic insights into the role of environmentalism and social-ecological relevance: A cognitive model of resource consumption. *Ecological Modelling*, 340, 74–85. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.09.007>
27. Hendiani, S., Bagherpour, M., Mahmoudi, A., Liao, H. (2020). Z-number based earned value management (ZEVM): A novel pragmatic contribution towards a possibilistic cost-duration assessment. *Computers & Industrial Engineering*, 143, 106430. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106430>
28. Muriana, C., Vizzini, G. (2017). Project risk management: A deterministic quantitative technique for assessment and mitigation. *International Journal of Project Management*, 35 (3), 320–340. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.01.010>
29. Durga Sruthi, M., Aravindan, A. (2020). Performance measurement of schedule and cost analysis by using earned value management for a residential building. *Materials Today: Proceedings*, 33, 524–532. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.210>
30. Mishakova, A., Vakhrushkina, A., Murgul, V., Sazonova, T. (2016). Project Control Based on a Mutual Application of Pert and Earned Value Management Methods. *Procedia Engineering*, 165, 1812–1817. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.927>
31. Koke, B., Moehler, R. C. (2019). Earned Green Value management for project management: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 230, 180–197. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.079>
32. Khodeir, L. M., El Ghandour, A. (2019). Examining the role of value management in controlling cost overrun [application on residential construction projects in Egypt]. *Ain Shams Engineering Journal*, 10 (3), 471–479. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2018.11.008>
33. Cherrier, H., Türe, M. (2020). Value dynamics in ordinary object disposal. *Journal of Business Research*, 116, 221–228. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.05.022>
34. Odimabo, O., Oduoza, C. F. (2018). Guidelines to Aid Project Managers in Conceptualising and Implementing Risk Management in Building Projects. *Procedia Manufacturing*, 17, 515–522. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.091>
35. Value Standard and Body of Knowledge (2007). SAVE International. URL: http://www.pinnaclesresults.com/images/VE_Standard_from_SAVE.pdf
36. Paquin, J.-P., Gauthier, C., Morin, P.-P. (2016). The downside risk of project portfolios: The impact of capital investment projects and the value of project efficiency and project risk management programmes. *International Journal of Project Management*, 34 (8), 1460–1470. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.07.009>

37. Wang, L., Kunc, M., Bai, S. (2017). Realizing value from project implementation under uncertainty: An exploratory study using system dynamics. *International Journal of Project Management*, 35 (3), 341–352. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.01.009>
38. Willumsen, P., Oehmen, J., Stingl, V., Geraldi, J. (2019). Value creation through project risk management. *International Journal of Project Management*, 37 (5), 731–749. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.01.007>
39. Lambert, M., Riera, B., Martel, G. (1999). Application of functional analysis techniques to supervisory systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 64 (2), 209–224. doi: [https://doi.org/10.1016/s0951-8320\(98\)00064-7](https://doi.org/10.1016/s0951-8320(98)00064-7)
40. Boehnert, J. (2018). Anthropocene Economics and Design: Heterodox Economics for Design Transitions. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 4 (4), 355–374. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2018.10.002>
41. Hensher, M. (2020). Incorporating environmental impacts into the economic evaluation of health care systems: Perspectives from ecological economics. *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 104623. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104623>
42. González Jiménez, L., Blanco Pascual, L. (2008). Multicriteria cash-flow modeling and project value-multiples for two-stage project valuation. *International Journal of Project Management*, 26 (2), 185–194. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.03.012>
43. Keshk, A. M., Maarouf, I., Annany, Y. (2018). Special studies in management of construction project risks, risk concept, plan building, risk quantitative and qualitative analysis, risk response strategies. *Alexandria Engineering Journal*, 57 (4), 3179–3187. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.12.003>
44. Buehring, J., Bishop, P. C. (2020). Foresight and Design: New Support for Strategic Decision Making. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 6 (3), 408–432. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2020.07.002>
45. Sanchez, F., Bonjour, E., Micaelli, J.-P., Monticolo, D. (2020). An Approach Based on Bayesian Network for Improving Project Management Maturity: An Application to Reduce Cost Overrun Risks in Engineering Projects. *Computers in Industry*, 119, 103227. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103227>
46. Bugrov, O., Bugrova, O. (2017). Formation of a cumulative model for managing the value of construction projects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (3 (89)), 14–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110112>
47. Whitney, P. (2015). Design and the Economy of Choice. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 1 (1), 58–80. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2015.09.001>